

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Направление подготовки/профиль: Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты (05.14.14)

Школа: Инженерная школа энергетики

Отделение: Научно-образовательный центр И. Н. Бутакова

**Научно-квалификационная работа**

Тема научно-квалификационной работы
Исследование способа снижения влияния работы тепловых электрических станций на окружающую среду при использовании био-водугольных топлив

УДК 621.311.22.002.5:621.182.2-6:504.05

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
А6-46	Малышев Дмитрий Юрьевич		

Руководителя профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Директор ИШЭ	Матвеев А. С.	К. Т. Н.		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. Каф.-руководитель НОЦ на правах кафедры	Заворин А. С.	Д. Т. Н.		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Главный научный сотрудник НОЦ Бутакова	Кузнецов Г. В.	Д. ф.-м. н.		

Использование нового класса топлива - био-водоугольного топлива, позволит существенно снизить выбросы антропогенных газов в атмосферу земли и расширить сырьевую базу современных тепловых электрических станций.

Основной проблемой сдерживающей использования био-водоугольных суспензий на объектах энергетики является отсутствие общей теории зажигания и горения таких топлив, а также экспериментальной базы данных об основных закономерностях процесса горения (в первую очередь-зажигания).

Целью работы является определение основных интегральных характеристик процессов воспламенения Био-ВУТ на основе энергетического угля различной степени метаморфизма, воды и биомассы (лесной горючий материал или твердые продукты пиролиза древесины) в условиях высокотемпературного нагрева.

Эксперименты проводились на оборудовании, обеспечивающем достаточно низкий уровень погрешности (не более 10,5%) при регистрации основных характеристик (время задержки зажигания топливных частиц  $t_{ign}$ , температура внешней среды  $T_g$ , характерный размер топливных частиц  $d$ ) при воспламенении частиц био-водоугольного топлива.

По результатам анализа кадров типичных видеogramм выделены основные этапы термической подготовки, предшествующие зажиганию капель био-водоугольного топлива. Установлено, что продолжительность стадии интенсивного химического реагирования газообразных продуктов пиролиза с высокотемпературным окислителем составляет не более 0,02% от всего периода индукции (инертный нагрев, испарение воды, пиролиз угля и ЛГМ, газофазное зажигание горючих газов).

Установлено влияние массовой концентрации лесного горючего материала на времена задержки зажигания ( $t_{ign}$ ). Показано, что при содержании в топливной композиции 15 % биомассы времена задержки зажигания уменьшаются более чем в три раза по сравнению с водоугольным топливом без добавления биомассы.

Приведены результаты экспериментальных исследований процессов совместного зажигания частиц древесной биомассы и водоугольного топлива (ВУТ) в условиях высокотемпературного нагрева. Показано, что во всем температурном диапазоне ( $873\text{ K} \leq T_g \leq 1273\text{ K}$ ) древесина воспламеняется значительно быстрее водоугольной суспензии (практически в два раза). Показано, что в условиях совместного воспламенения ВУТ и биомассы, последняя выступает в роли «разгонщика» процесса зажигания (времена задержки зажигания уменьшаются на 58 %) частицы водоугольной суспензии.

Отмечено, что начальный размер капель оказывает существенно влияние на времена задержки зажигания, в особенности при температурах от 873 К до 1073 К. С ростом температуры окислителя влияние размера капли становится менее значительным фактором.

Установлено, что добавление в структуру водоугольной суспензии биомассы приводит к уменьшению времени задержки зажигания ( $t_{\text{ign}}$ ) на 30 % в условиях относительно низких температур окислителя ( $T_g \leq 1073$  К). Добавление в структуру водоугольной суспензии древесного угля приводит к существенному ускорению процесса воспламенения (почти в два раза) частиц размером 2 мм, по сравнению с ВУТ, в условиях относительно низких температур ( $T_e \approx 873$  К). При этом показано, что при температуре  $T_g \geq 1073$  К времена задержки зажигания частиц водоугольного и био-водоугольного топлива почти идентичны (отличие  $t_{\text{ign}}$  менее 1 %). Наблюдалось, что топливо с добавлением древесного угля в большей степени подвержено диспергированию перед зажиганием. Выделены характерные режимы диспергирования капель Био-ВУТ на основе каменного угля с добавлением древесного кокса.

Основной результат проведенных экспериментальных исследований - обоснование возможности использования лесного горючего материала в качестве добавки ускоряющей и стабилизирующей процесс инициирования горения био-водоугольной суспензии.